

**ANALISA KARAKTERISTIK TEMPERATUR DAN KECEPATAN
UDARA PADA RUANGAN BERPENDINGIN AC DENGAN TURBULENSI
MODEL K-OMEGA STANDAR DAN K-OMEGA SST MENGGUNAKAN
METODE COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC (CFD)**



Disusun sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Program Studi Strata I Pada
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik

Oleh :

BIMA PRIAMBUDI

D 200 130 1013

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2018**

HALAMAN PERSETUJUAN
ANALISA KARAKTERISTIK TEMPERATUR DAN KECEPATAN
UDARA PADA RUANGAN BERPENDINGIN AC DENGAN TURBULENSI
MODEL K-OMEGA STANDAR DAN K-OMEGA SST MENGGUNAKAN
METODE COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC (CFD)

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh:

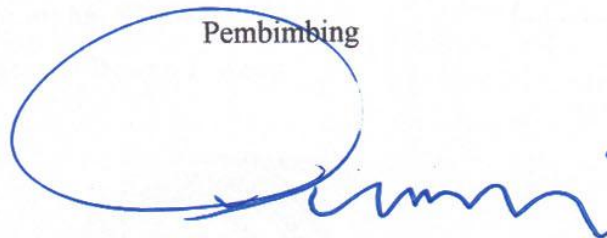
BIMA PRIAMBUDI

NIM : D 200 130 013

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen

Pembimbing

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large loop followed by a series of connected, wavy lines.

Marwan Effendy S.T, M.T, Ph.D

HALAMAN PENGESAHAN
ANALISA KARAKTERISTIK TEMPERATUR DAN KECEPATAN
UDARA PADA RUANGAN BERPENDINGIN AC DENGAN TURBULENSI
MODEL K-OMEGA STANDAR DAN K-OMEGA SST MENGGUNAKAN
METODE COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC (CFD)

OLEH :

BIMA PRIAMBUDI

NIM : D 200 130 013

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta


Pada hari Kamis, 2 Juni 2018

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji :

- 1. Dr. Marwan Effendy**
(Ketua Dewan Penguji)
- 2. Ir. Agung Setyo Darmawan, MT**
(Anggota I Dewan Penguji)
- 3. Nurmuntaha, ST, MT**
(Anggota II Dewan Penguji)


(.....)


(.....)


(.....)

Dekan,




Ir. Sri Sunarjono, MT., Ph.D.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan bertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 4 Juli 2018

Penulis



BIMA PRIAMBUDI

NIM : D 200 130 013

ANALISA KARAKTERISTIK TEMPERATUR DAN KECEPATAN UDARA PADA RUANGAN BERPENDINGIN AC DENGAN TURBULENSI MODEL K-OMEGA STANDAR DAN K-OMEGA SST MENGGUNAKAN METODE COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC (CFD)

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi, serta menganalisis temperatur dan kecepatan udara pada sebuah ruangan yang memiliki instalasi 2 unit AC split. Pendekatan simulasi CFD diterapkan pada penelitian ini dengan didahului pengukuran secara eksperimen pada kondisi sebenarnya untuk validasi data. Dalam penelitian ini, ruangan berukuran 10,45 x 8,1 x 3,92 m yang terletak di Ruang H 404 Fakultas Teknik dijadikan sebagai obyek simulasi. Variasi kecepatan udara yang diukur pada bagian depan evaporator, yaitu pada unit AC 1 = 5 m/s, sedangkan unit AC 2 = 3,2 m/s. Proses simulasi diawali dengan memvalidasi tiga tipe mesh yang berbeda 15216 *element*, 158785 *element*, dan 481178 *element*. Simulasi terhadap tiga variasi turbulence model (k-epsilon standar, k-omega standar, dan k-omega SST) menunjukkan bahwa tidak berpengaruh terlalu signifikan terhadap suhu rata-rata didalam ruangan dimana didapatkan hasil sebesar 23,321, 23,481 dan 23,468°C. Sedangkan rata-rata kecepatan udara didalam ruangan terjadi kenaikan pada tiap variasi yang didapatkan hasil 0,100, 0,107 dan 0,108 m/s.

Kata kunci : Computational Fluid Dynamic, Turbulance Models (k-epsilon standar, k-omega standar, dan k-omega SST)

Abstract

This study aims to predict, as well as analyze the temperature and air velocity in a room that has the installation of two split AC units. The CFD simulation approach is applied in this study by preceded experimental measurements on actual conditions for data validation. In this study, the room of 10.45 x 8.1 x 3.92 m located in Room H 404 Faculty of Engineering serve as a simulation object. Air velocity variations measured at the front of the evaporator, that is AC unit 1 = 5 m/s and AC unit 2 = 3.2 m/s. The simulation process begins by validating three different types of mesh 15216 elements, 158785 elements, and 481178 elements. Simulation of three variable of turbulence model (k-epsilon standard, k-omega standard, and k-omega SST) showed that no significant effect on the average temperature in the room where the result was 23,321, 23,481 and 23,468 ° C. While the average air velocity in the room there is an increase in each variation obtained results of 0.100, 0.107 and 0.108 m/s.

Keyword : Computational Fluid Dynamic, Turbulance Models (k-epsilon standar, k-omega standar, dan k-omega SST)

1. PENDAHULUAN

Di zaman yang serba menggunakan teknologi ini, sebagian besar aktivitas manusia dihabiskan di dalam ruangan, mulai dari bekerja, bermain, istirahat ataupun melakukan kegiatan lainnya. Oleh sebab itu dibutuhkan ruangan yang nyaman agar dapat meningkatkan kinerja. Sebagian besar orang menghabiskan waktunya (lebih dari 90%) di dalam ruangan. Oleh sebab itu kecepatan udara di dalam ruangan yang baik sangat dibutuhkan untuk mendukung kinerja ataupun untuk beraktifitas. (Lee dan Chang, 2012).

Diketahui bahwa tidak mudah mencapai tingkat kenyamanan yang baik dengan iklim tropis lembab dengan tingkat curah hujan yang tinggi, kelembapan udara yang mencapai angka 90%, suhu udara yang mampu mencapai 38°C, aliran udara yang sedikit serta radiasi matahari yang menyengat dan mengganggu, dapat diatasi dengan mengatasi pengaruh negatif iklim dan memanfaatkan semaksimal mungkin pengaruh yang (Talaroshaa, 2005; Kurnia dkk., 2010; Takahashi, 2005; Lippsmeier, G., 1994).

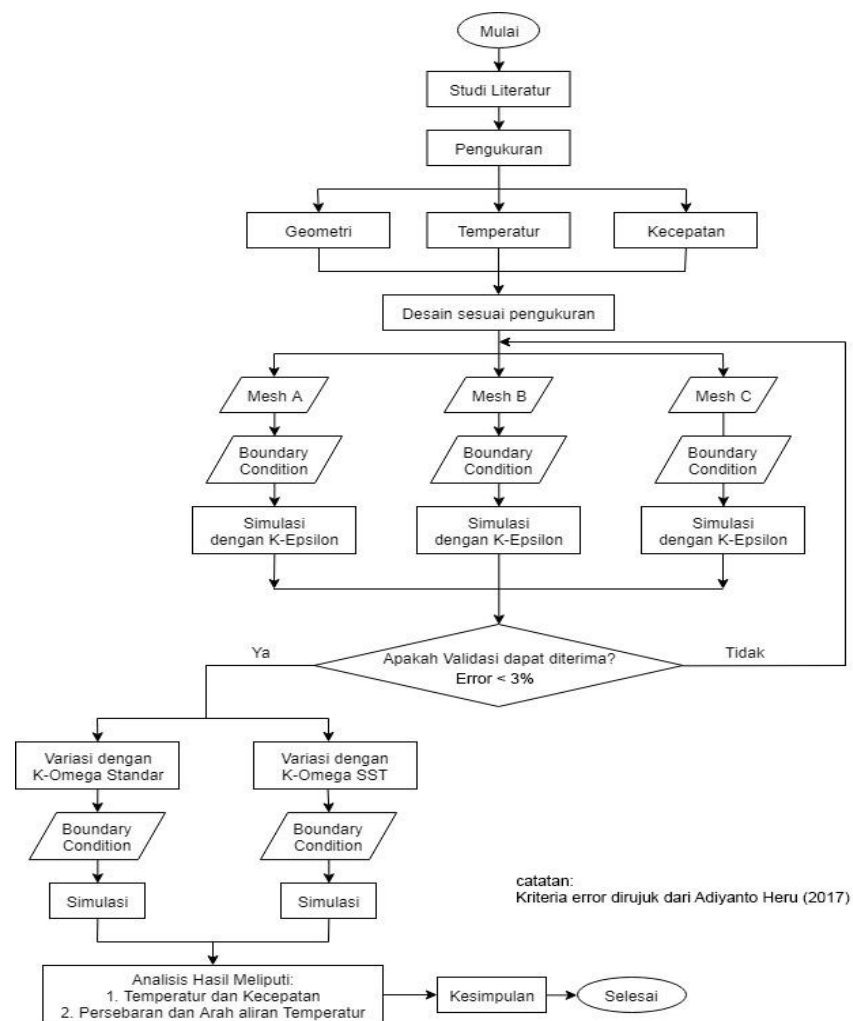
Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kenyamanan di dalam ruang tertutup menurut Lippsmeier, seperti temperatur udara, kelembapan udara, temperatur radiasi rata-rata dari atap dan dinding, kecepatan udara, dan tingkat pencahayaan.

Salah satu solusi untuk meningkatkan tingkat kenyamanan termal di suatu ruangan dari pengaruh negatif adalah dengan menggunakan pendingin Air Condotioner (AC). Sebagai tindak lanjut dari penelitian terhadap obyek ruang kelas gedung H Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, dilakukan analisa aliran udara yang dihasilkan oleh Air Conditioning sehingga dapat diprediksi temperatur yang dihasilkan serta penyebarannya di dalam ruang tersebut.

Ada banyak cara yang dapat digunakan untuk mengetahui persebaran temperatur dan juga kecepatan aliran udara di dalam ruangan, salah satunya dengan menggunakan metode Computational Fluid Dynamic atau yang biasa disebut CFD. Dimana metode ini dikenal dengan metode perhitungan aliran fluida dengan menggunakan pendekatan numerik atau biasa dikenal dengan proses simulasi. Pada proses simulasi dengan metode CFD banyak sekali permodelan

viskositas yang dapat digunakan tergantung dari obyek yang akan dilakukan proses simulasi dan juga jenis aliran udara. Umumnya model viskositas yang digunakan dalam CFD adalah pemodelan K-Epsilon standart, tapi masih banyak pemodelan viskositas yang bisa digunakan. Seperti K-Epsilon Realisable, K-Epsilon RNG, K-Omega SST, K-Omega Standart, dan masih banyak lagi. Metode ini dikembangkan karena dalam perhitungan aliran fluida dibutuhkan perhitungan yang berulang-ulang, sesuai dengan berubahnya variable pada system. Pada penulisan Tugas Akhir ini akan dilakukan simulasi distribusi temperatur dan kecepatan aliran fluida menggunakan perangkat lunak Fluent versi 15.

2. METODE



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen, di mana penelitian ini akan memprediksi keadaan sebuah ruangan dengan setting AC 20 °C dengan menggunakan metode CFD.

Alat ini digunakan untuk mengukur temperatur udara yang dihasilkan oleh unit AC sebagai parameter input pada proses CFD, dan persebaran temperatur aktual pada ruangan tersebut, sebagai data pembandingan pada proses validasi.

Model ruangan yang didesain ialah ruangan kelas yang kosong dengan menghilangkan penghuni, furniture, dan sumber panas tambahan, karena eksperimen ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh temperatur, kecepatan udara, dan persebaran temperatur dalam ruang kelas H404 Universitas Muhammadiyah Surakarta, dengan dimensi panjang kelas 10.45 m, lebar kelas 8.4 m, dan tinggi kelas 3.92 m.



Gambar 2. Ruang kelas tampak depan



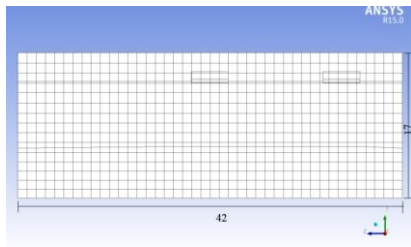
Gambar 3. Ruang kelas tampak atas

Mesh pada eksperimen ini menggunakan tipe hexahedra baik pada permukaan maupun pada volume, namun terdapat beberapa permukaan mesh yang berbentuk tetrahedral. Hal ini terjadi karena ada bidang pada desain yang membentuk sudut 45°, tepatnya pada bagian inlet dari AC. pembuatan mesh

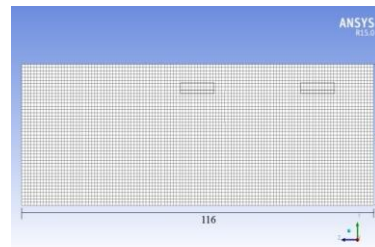
dibagi menjadi tiga jenis ukuran, dari tiap elelemnya mebedakan ialah ukuran mesh. Berikut ini adalah karakteristik dari tiap tipe mesh:

Tabel 1. Karakteristik mesh

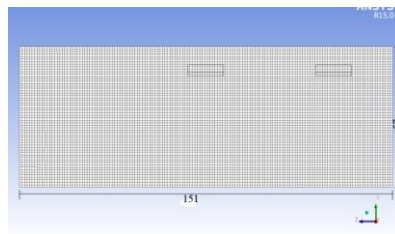
<i>Tipe mesh</i>	A	B	C
<i>Nodes</i>	15216	158785	481178
<i>Hexahedra</i>	13305	149328	461322



Gambar 4. Mesh tipe A

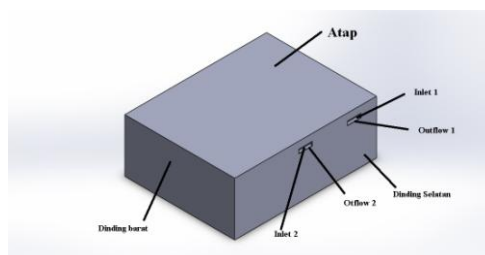


Gambar 5. Mesh tipe B



Gambar 6. Mesh tipe C

Kondisi lapis batas adalah kondisi di mana kontrol-kontrol perhitungan didefinisikan sebagai definisi awal yang akan digunakan ke kontrol-kontrol perhitungan pada proses komputasi.



Gambar 7. Daerah Kondisi Lapis Batas

Tabel 2. Definisi Kondisi Lapis Batas

Tipe	Tipe Kondisi	Kondisi Batas
Dinding	<i>Wall</i>	<i>Temperature</i>
<i>Inlet 1</i>	<i>Velocity inlet</i>	<i>Velocity & temperature</i>
<i>Outlet 1</i>	<i>Outflow</i>	-
<i>Inlet 2</i>	<i>Velocity inlet</i>	<i>Velocity & temperature</i>
<i>Outlet</i>	<i>Outflow</i>	-

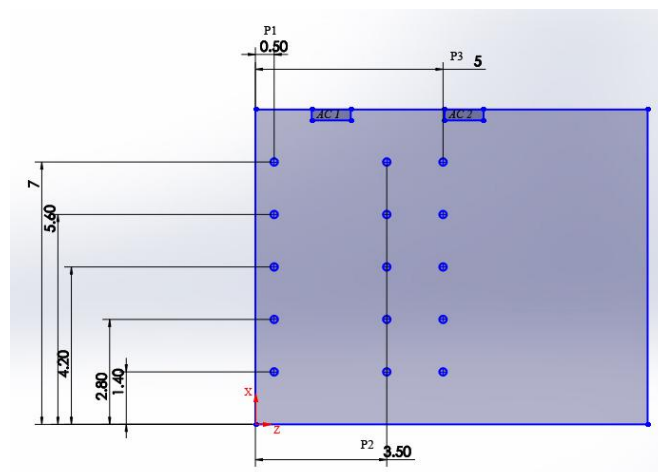
Tabel 3. Input data eksperimen

Temperatur Setting (⁰ C)	Temperatur Inlet 1 (⁰ C)	Temperatur Inlet 2 (⁰ C)	Kecepatan inlet 1 (m/s)	Kecepatan inlet 2 (m/s)
20	12.85	12.47	3.27	3.43

Desain dan mesh yang telah dibuat selanjutnya dibaca pada Ansys Fluent 15.0 untuk dilakukan proses kalkulasi. Proses kalkulasi dianggap selesai jika telah tercapai statement *converged*.

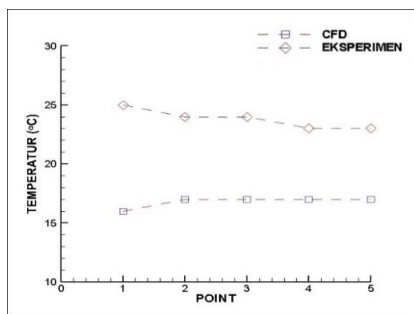
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan membandingkan 3 proses simulasi dengan menggunakan model mesh yang berbeda, mulai dari menggunakan mesh tipe A dengan jumlah node 15.216, mesh tipe B dengan jumlah node 158.785, dan mesh tipe C dengan jumlah node 481.178.

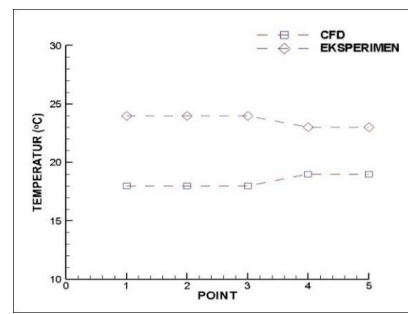
**Gambar 8.** Point pengukuran pada ruang kelas

Tabel 4. Koordinasitik pengukuran

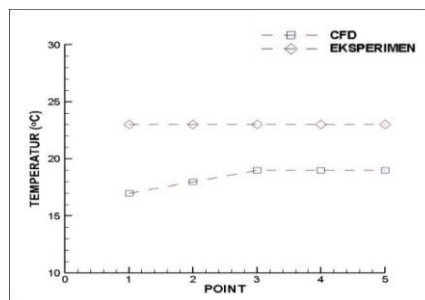
Point	Plane		
	P1 (Z 0.5)	P2 (Z 3.5)	P3 (Z 5)
1	(1.4, 1, 0.5)	(1.4, 1, 3.5)	(1.4, 1, 5)
2	(2.8, 1, 0.5)	(2.8, 1, 3.5)	(2.8, 1, 5)
3	(4.2, 1, 0.5)	(4.2, 1, 3.5)	(4.2, 1, 5)
4	(5.6, 1, 0.5)	(5.6, 1, 3.5)	(5.6, 1, 5)
5	(7, 1, 0.5)	(7, 1, 3.5)	(7, 1, 5)



a. P1



b. P2

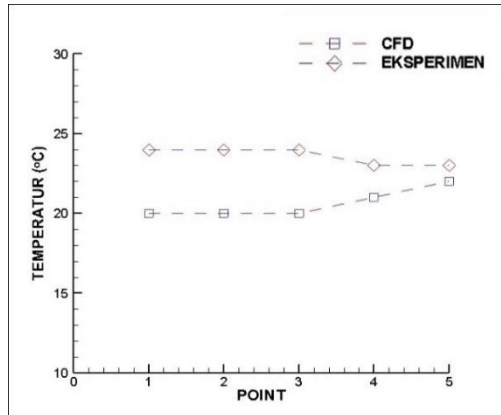


c. P3

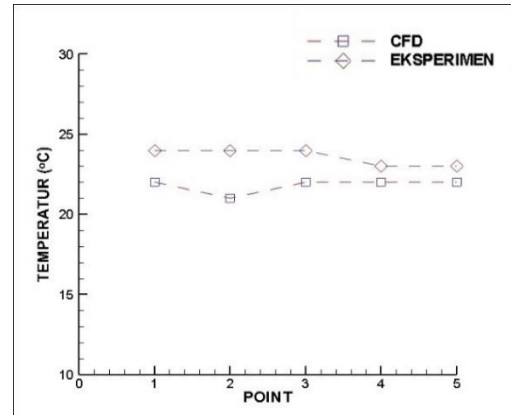
Gambar 9. Perbandingan temperatur hasil simulasi mesh tipe A dengan data eksperimen

Gambar 9 merupakan perbandingan dari data simulasi dengan metode CFD dan data eksperimen, dapat dilihat terdapat jarak yang cukup jauh antara hasil simulasi dengan data eksperimen. Dengan hasil temperatur rata-rata aktual pada P1 sebesar 24.1°C, temperatur pada P2 sebesar 24°C, dan temperatur pada P3 sebesar 23.6°C. Sedangkan temperatur hasil simulasi pada P1 sebesar 17.39°C,

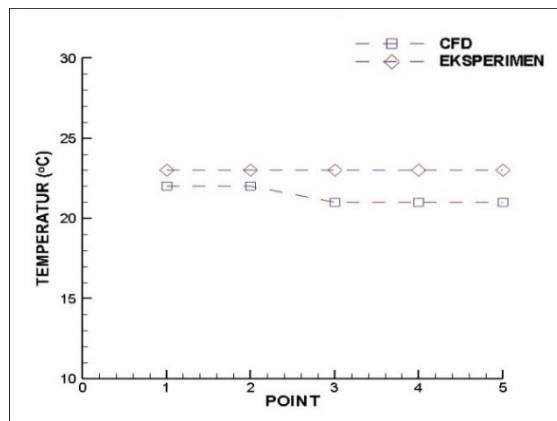
temperatur pada P2 sebesar 18.70°C , dan temperatur pada P3 sebesar 18.87°C . Jika diambil nilai total dari tingkat kesalahan pada mesh tipe A yaitu sebesar 23.32%



a. P1



b. P2

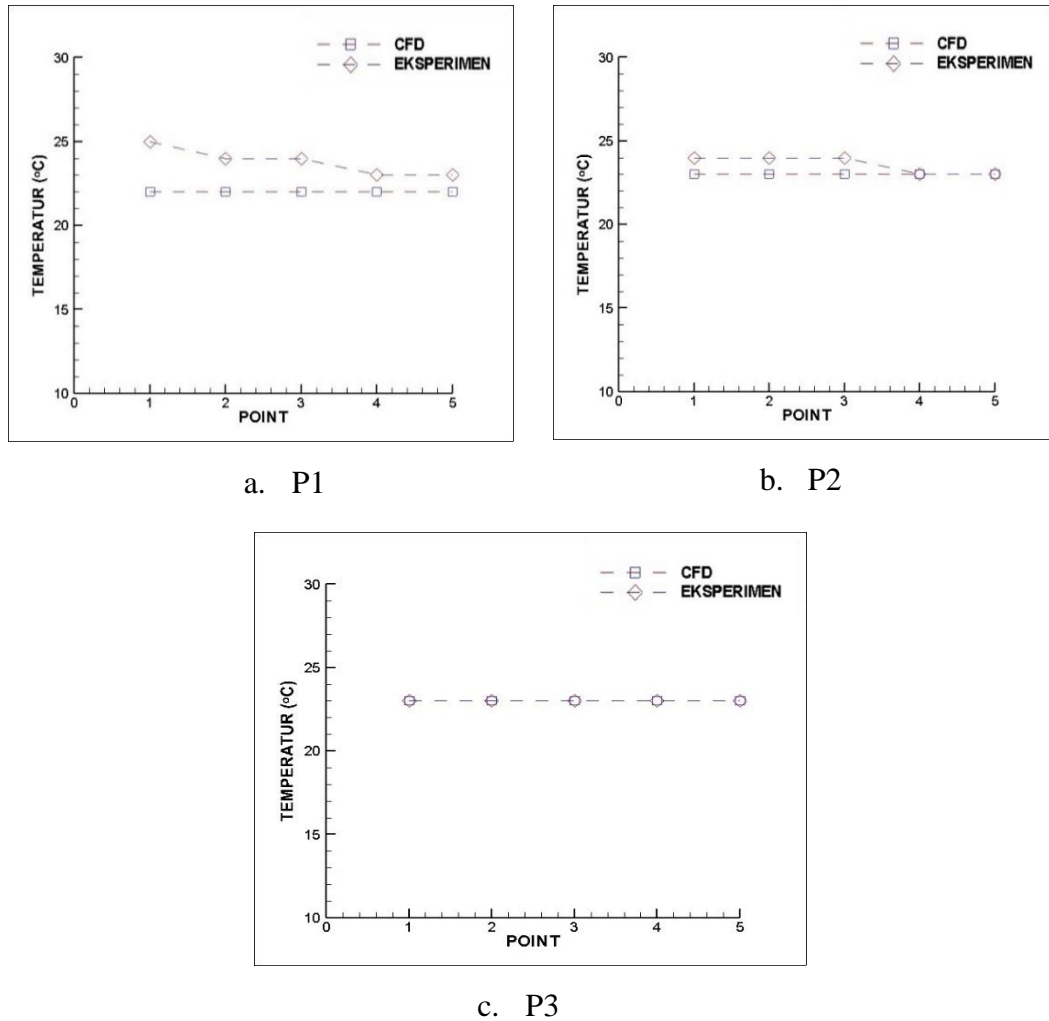


c. P3

Gambar 10. Perbandingan temperatur hasil simulasi mesh tipe B dengan data eksperimen

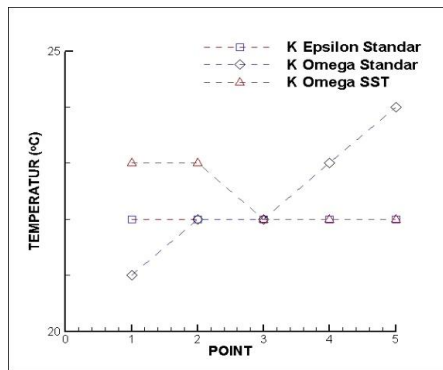
Gambar 10 merupakan perbandingan dari data simulasi dengan metode CFD dan data eksperimen, dapat dilihat terdapat jarak yang lebih kecil jika dibandingkan dengan mesh tipe A. Dengan hasil temperatur rata-rata aktual pada P1 sebesar 24.1°C , temperatur pada P2 sebesar 24°C , dan temperatur pada P3 sebesar 23.6°C . Sedangkan temperatur hasil simulasi pada P1 sebesar 21.19°C , temperatur pada P2 sebesar 22.07°C , dan temperatur pada P3 sebesar 22.06°C .

Jika diambil nilai total dari tingkat kesalahan pada mesh tipe A yaitu sebesar 8.88%.

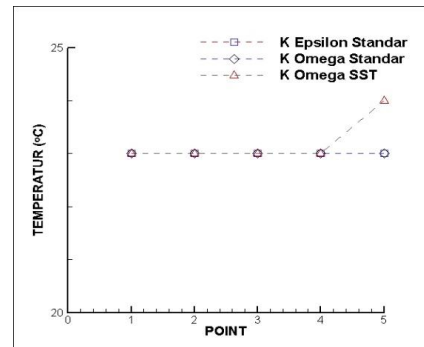


Gambar 11. Perbandingan temperatur hasil simulasi mesh tipe C dengan data eksperimen

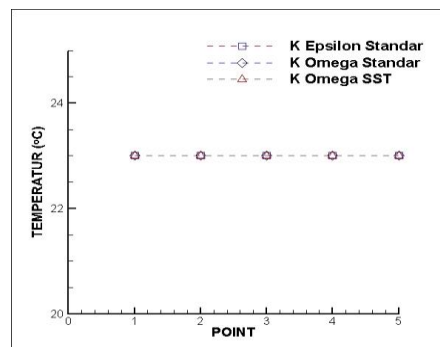
Gambar 11 merupakan perbandingan dari data simulasi dengan metode CFD dan data eksperimen, dapat dilihat terdapat jarak yang lebih akurat jika dibandingkan dengan mesh tipe A dan mesh tipe B. Dengan hasil temperatur rata-rata aktual pada P1 sebesar 24.1°C, temperatur pada P2 sebesar 24°C, dan temperatur pada P3 sebesar 23.6°C. Sedangkan temperatur hasil simulasi pada P1 sebesar 22.79°C, temperatur pada P2 sebesar 23.62°C, dan temperatur pada P3 sebesar 23.55°C. Jika diambil nilai total dari tingkat kesalahan pada mesh tipe A yaitu sebesar 2.41%.



a. P1



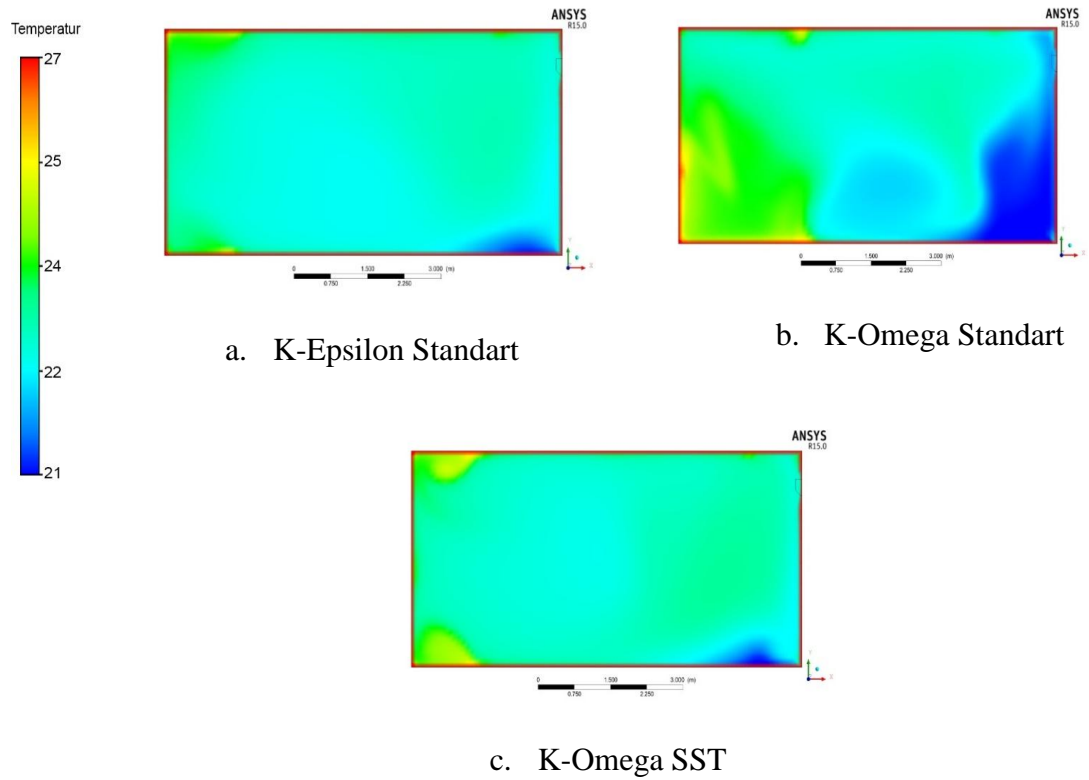
b. P2



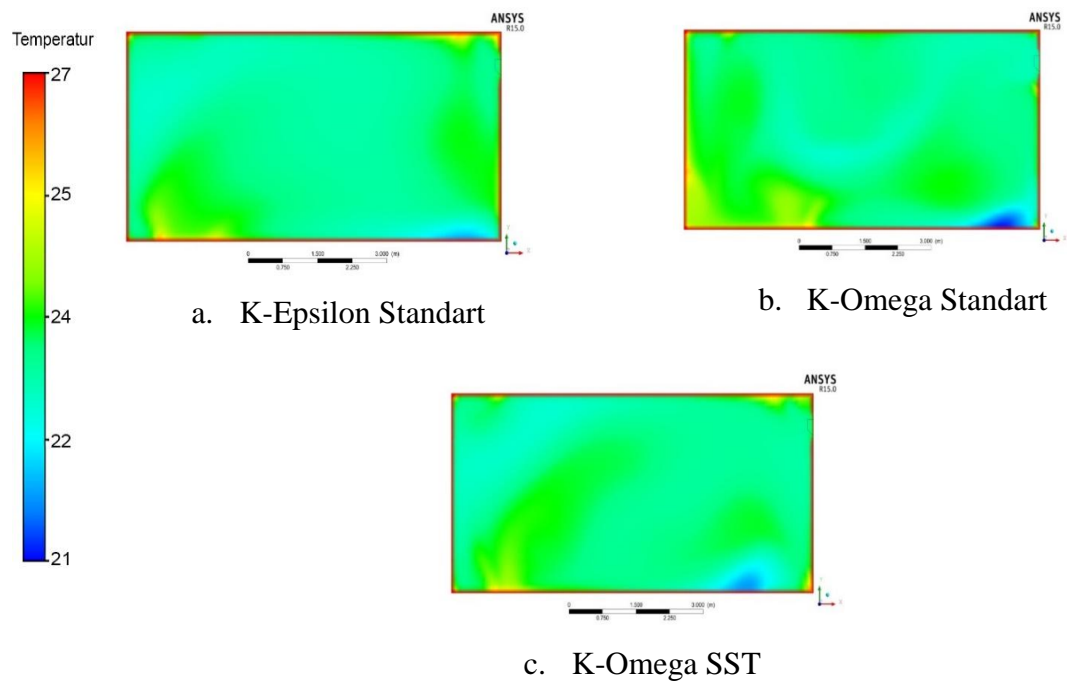
c. P3

Gambar 12. Perbandingan temperatur hasil CFD dengan turbulensi model yang berbeda

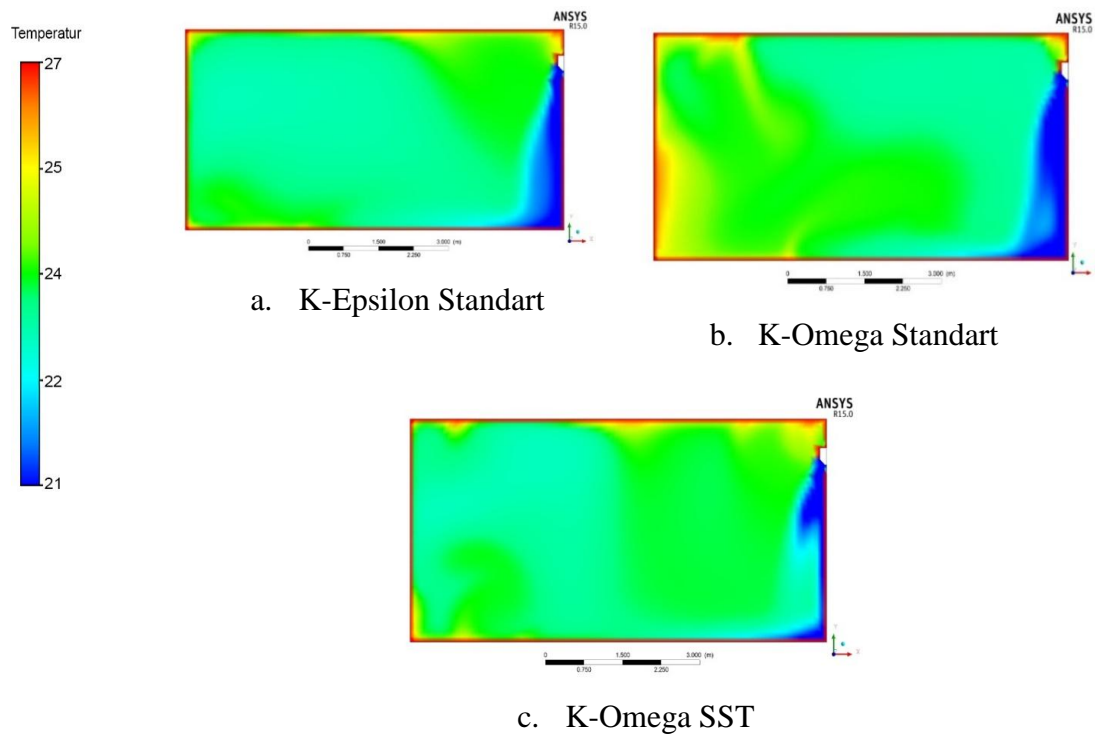
Gambar 12 menunjukkan data temperatur dengan menggunakan turbulensi model yang berbeda. Dengan menggunakan turbulensi model K-Epsilon standart didapatkan hasil pada tiap plan sebagai berikut. Pada P1 diperoleh temperatur rata-rata 22.79°C , pada P2 diperoleh temperatur rata-rata sebesar 23.62°C , dan pada P3 diperoleh temperatur rata-rata sebesar 23.55°C . Dengan menggunakan turbulensi model K-Omega Standart didapat hasil sebagai berikut. Pada P1 diperoleh temperatur rata-rata 22.73°C , pada P2 diperoleh temperatur rata-rata sebesar 23.77°C , dan pada P3 diperoleh temperatur rata-rata sebesar 23.94°C . Dengan menggunakan turbulensi model K-Omega SST didapatkan hasil pada tiap plan sebagai berikut. Pada P1 diperoleh temperatur rata-rata 23.03°C , pada P2 diperoleh temperatur rata-rata sebesar 23.77°C , dan pada P3 diperoleh temperatur rata-rata sebesar 23.6°C .



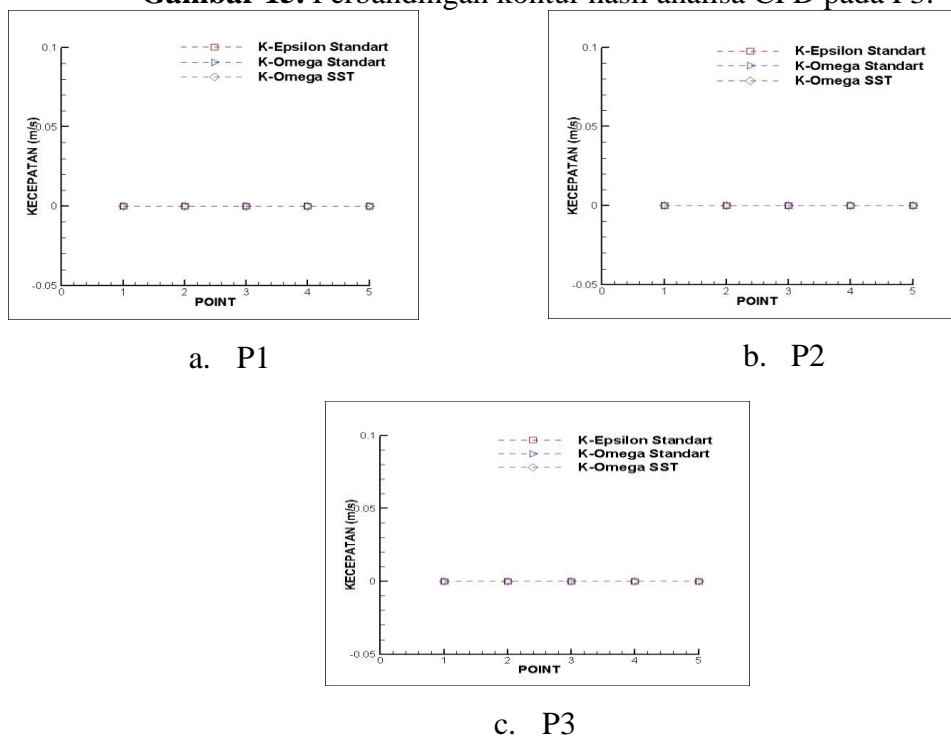
Gambar 13. Perbandingan kontur hasil analisa CFD pada P1.



Gambar 14. Perbandingan kontur hasil analisa CFD pada P2.



Gambar 15. Perbandingan kontur hasil analisa CFD pada P3.



Gambar 16. Perbandingan kecepatan hasil CFD dengan turbulensi model yang berbeda

Gambar 16 menunjukkan data kecepatan udara turbulensi model yang berbeda. Dengan menggunakan turbulensi model K-Epsilon Standart kecepatan hasil simulasi pada P1 sebesar 0.119 m/s, pada P2 sebesar 0.078 m/s, dan pada P3 sebesar 0.104 m/s. Data kecepatan udara dengan menggunakan turbulensi model K-Omega Standart pada P1 sebesar 0.06 m/s, pada P2 sebesar 0.135 m/s, dan pada P3 sebesar 0.120 m/s. Kecepatan udara dengan menggunakan turbulensi model K-Omega SST pada P1 sebesar 0.108 m/s, pada P2 sebesar 0.103 m/s, dan pada P3 sebesar 0.113 m/s.

4. PENUTUP

Dalam tugas akhir ini telah dilakukan simulasi menggunakan 3 turbulensi model yang berbeda untuk mengetahui hasil yang tingkat ke akuratan dalam menggunakan turbulensi model untuk ruangan berpendingin AC. Dari hasil simulasi dapat ditarik kesimpulan :

Validasi data yang digunakan pada penelitian ini didapatkan konfigurasi mesh tipe C. Tipe ini digunakan karena mempunyai tingkat keakuratan paling tinggi dibandingkan mesh tipe A dan mesh tipe B. Hal tersebut dibuktikan dari tingkat kesalahan paling kecil. Tingkat kesalahan pada mesh tipe C pada P1 sebesar 5.44%, pada P2 sebesar 1.58%, pada P3 sebesar 0.21%. dengan total tingkat kesalahan sebesar 2.41%.

Pengaruh penggunaan turbulensi model yang digunakan tidak terlalu signifikan terhadap hasil simulasi. Hal ini dapat dilihat dari tingkat kesalahan yang dihasilkan tiap hasil simulasi dengan menggunakan turbulensi model yang berbeda. Tingkat kesalahan dengan menggunakan turbulensi model K-Epsilon Standar pada P1 sebesar 5.44%, pada P2 sebesar 1.58%, pada P3 sebesar 0.21%, dengan total kesalahan 2.41%. tingkat kesalahan dengan menggunakan turbulensi model K-Omega Standar pada P1 sebesar 5.68%, pada P2 sebesar 0.94%, dan pada P3 sebesar 1.43%, dengan total kesalahan 2.68%. Dan yang terakhir tingkat kesalahan menggunakan turbulensi model K-Omega SST pada P1 sebesar 4.44%, pada P2 sebesar 0.96%, dan pada P3 sebesar 0.004%, dengan total kesalahan 1.8%.

Pola persebaran temperatur pada ketiga variasi juga hampir sama, tetapi yang membedakan adalah posisi plan. Pada posisi plan tepat di bawah posisi AC atau Plan 3, persebaran temperatur kisaran 23.4°C sampai 23.7°C dapat terlihat jelas. sedangkan untuk pola persebaran arah aliran udara dengan menggunakan turbulensi model K-Epsilon Standar dan K-Omega SST hampir sama tetapi yang membedakan keduanya adalah kecepatan aliran udara masing-masing turbulensi model. Sedangkan pola persebaran aliran udara yang menggunakan K-Omega Standar berbeda dengan aliran udara yang menggunakan turbulensi model K-Epsilon Standar dan K-Omega SST.

DAFTAR PUSTAKA

- ASHRAE. (1992). Standard 55-2003, *Thermal Environmental Condition for Human Occupancy (ASHRAE standard 55-56)*. ASHRAE: Atlanta US.
- Budiarthana, I.N., Kusuma, I.G.B.W. dan Widiyarta, I.M. (2015). 'Penggunaan Perangkat Lunak Computational Dynamic (CFD) Dalam Menganalisis Sistem Pengering Ikan Tuna Bertenaga Surya'. Jurnal of Logic, 15, 141.
- Bullat, M.P. dan Bullat, P.V. (2015). '*Comparision of Turbulence Models in The Calculation of Supersonic Separated Flows*'. Journal of World Applied Sciences. 27. 1263-1264.
- Bonefacic, I., Wolf, I. and Frankovic, B. (2015). '*Numerical Modelling of Thermal Comfort Conditions in an Indoor Space with Solar Radiation Sources*'. *Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering*, 61, 641-650.
- Effendy, Marwan. (2005) 'Pengaruh Kecepatan Udara Pendingin Kondensor Terhadap Koefisien Prestasi Air Conditioning', Jurnal GELAGAR, Vol. 16, No. 01, April 2015 : 51-58. Department of Mechanical Engineering, Muhammadiyah University of Surakarta. Surakarta
- Effendy, Marwan. dkk. (2015). '*DES study of blade trailing edge cutback cooling performance with various lip-thicknesses*'. Applied Thermal Engineering, vol. 99, pp. 434-445.
- Effendy, M., Yao, Y. dan Yao, J. (2013). '*Effect Of Mesh Topologies on Wall Heat Transfer and Pressure Loss Prediction of a Blade Coolant Passage*'. 20-21 November 2012, ICME2012 UTHM Johor Malaysia [Applied Mechanics and Material Vol 315 (2013) pp 216-220]

- Effendy, Marwan. dkk. (2014). '*Predicting film cooling performance of trailing-edge cutback turbine blade by detached eddy simulation*'. in 52nd AIAA Aerospace Sciences Meeting, SciTech 2014, National Harbor, Maryland, United States.
- Holman, J.P., (1997) 'Perpindahan kalor '. Erlangga, Jakarta.
- Lin, S., Tee, B.T. and Tan, C.F. (2008). '*Indoor Airflow Simulation inside Lecture Room: A CFD Approach*', Mater. Sci. Eng, 88. Doi: 10.1088/1757-899X/88/1/012008.
- Kurnia, R., Effendy, S. dan Tursilowati. L. (2010). 'Identifikasi Kenyamanan Bangunan (Studi Kasus: Ruang Kuliah Kampus IPB Baranangsiang dan Darmaga Bogor). Jurnal Agromet.
- Lee, S.C. dan M.Chang. (2000). '*Indoor and Outdoor Air Quality Investigation at School in Hongkong*'. PERGAMON journal, Chemosphere.
- Lippsmeier, Georg. 1980. Bangunan Tropis. Alih Bahasa Ir. Syahmir Nasution. Erlangga, Jakarta.